

Title	A Study of Heat Transfer from Fluid with Suspension of Fine Powder and Internal Heat Generation( Abstract_要旨 )
Author(s)	Matsumoto, Ryuichi
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	1965-12-14
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2433/211707">http://hdl.handle.net/2433/211707</a>
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	none

氏 名	松 本 隆 一
	まつ もと りゅう いち
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 77 号
学位授与の日付	昭 和 40 年 12 月 14 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	<b>A Study of Heat Transfer from Fluid with Suspension of Fine Powder and Internal Heat Generation</b> (微粉末を懸濁し内部発熱を伴う流体からの熱伝達の研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 岐 美 格 教 授 大 石 純 教 授 柴 田 俊 一

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、微粉末を懸濁し内部発熱を伴う流体からの熱伝達について研究した結果をまとめたもので、12章からなっている。

第1章は緒論である。従来主としてニュートン流体の熱伝達に関する研究が行なわれて来たが、原子炉などに対する応用の見地から、一般に内部発熱を伴う非ニュートン流体の熱伝達に関する組織的な研究が必要であることを述べて、この研究の目的と内容の概要を明らかにしている。

第2章は、平均粒径2ミクロンのアルミナ粒子を水に懸濁させたスラリの円管内流動実験を行なった結果を述べたもので、このスラリーがトリア・水スラリーと同様にビンガム流体とみなされることを示すとともに、ビンガム流体の粘性係数とせん断応力の降伏値が懸濁微粒子の体積率の増加とともに増加し、流体の温度の上昇とともに減少するが、減少の割合は温度の上昇とともに低下することを示している。さらにビンガム流体の層流・管摩擦係数の測定値とレイノルズ数の関係はヘドストロム数を助変数としてよく整理でき、またヘドストロム数が大きいほど層流から乱流へ遷移し始めるレイノルズ数が増加し、十分大きいレイノルズ数に対しては乱流・管摩擦係数はヘドストロム数には無関係に、たとえばニュートン流体に対するブラジウスの式で表わされることを示している。

第3章は、ビンガム流体の円管内層流、擬塑性流体の円管内層流、擬塑性流体の平行平板間層流のそれぞれ発達した速度分布について記述し、さらに円管内ビンガム流体の発達した乱流速度分布を、ニュートン流体に対する解析法と第2章の乱流・管摩擦係数とを用いて解析した結果を示したものである。乱流速度分布は、ニュートン流体に対するいわゆる対数法則分布と指数法則分布に対応するものの2種について得られたが、うず拡散係数についても若干の考察を加えている。

第4章から第7章までは、第3章で求めた速度分布を適用して、内部発熱を伴う非ニュートン流体の対流熱伝達を解析したものである。問題を簡単にして、この種の熱伝達の本質的な特徴を明らかにするために、粘性係数などの温度依存性は省略し、また内部発熱率は場所に無関係に一樣な場合を扱っている。

第4章は円管内を発達した層流で流れるビンガム流体の温度助走域の熱伝達、第5章は円管内を発達した層流で流れる擬塑性流体の温度助走域の熱伝達、第6章は平行平板間を発達した層流で流れる擬塑性流体の温度助走域の熱伝達を扱い、壁面における熱負荷が一定および壁温が一定の2つの場合について、それぞれ KDC-1 を用いて流体の温度分布を計算し、局所ヌセルト数を解析している。そして、流体の温度分布は、ニュートン流体の場合や内部発熱を伴わない場合とくらべると著しく異なること、局所ヌセルト数は、温度助走域のある位置で不連続的に変化することがあることなどの特徴を明らかにしている。なおこの解析の特別の場合として得られるニュートン流体の場合や内部発熱を伴わない場合の解は、従来の研究結果とよく一致することを認めている。第7章は円管内ビンガム流体の乱流熱伝達を、壁面における熱負荷が一定の場合について解析したものである。ヌセルト数とレイノルズ数の間の関係は、ニュートン流体の場合や内部発熱を伴わない場合の関数と異なり、比せん半径や流体の温度上昇に寄与する熱量と内部発熱量の比によって著しく影響されることを見出している。また特別の場合として、内部発熱を伴わないビンガム流体の場合には、ヘドストロム数が一定のもとにレイノルズ数を十分に大きくすると、コルバーンの  $j$  因子はニュートン流体のそれに漸近し、この傾向はトリア・水スラリを用いた Thomas の実験結果と一致することを明らかにしている。

第8章は、円環流路を一樣な速度で一樣な内部発熱を伴いながら流れる流体（比せん半径が1に対応）の対流熱伝達を、両壁における熱負荷は一定であるが、その値が異なる場合について解析したもので、ヌセルト数と両半径の比の間の関係が、両壁の熱負荷の違いによって変化する様子を明らかにしている。

第9章は、電気絶縁性の平行な板の間を、板に垂直にかけられた一樣な磁場を横切って、導電性流体が発達した層流で流れる場合の温度助走域の熱伝達を、壁面における熱負荷が一定および壁温が一定の2つの場合についてそれぞれ解析したものである。この場合には、ハルトマン数の増加とともに速度分布は放物線状から平坦化し、またジュール加熱による不均一な内部発熱を伴うので、第4章ないし第6章において解析された熱伝達の特性と同様な特徴を有することを見出している。

第10章は、微粒子を含む高温ガスからの放射熱伝達を解析したものである。まず、熱放射しないガスに浮遊している微粒子群の放射率を求め、ついで熱放射性ガス中に微粒子群が浮遊している場合の全放射率を解析的に求めて、その全放射率が微粒子群とガスの放射率の算術和では与えられないことを指摘している。別に実験を行なって、著者の理論結果が実験結果とよく一致することをたしかめている。

第11章は、対流熱伝達について著者の解析した結果を原子炉における熱伝達に応用して、若干の原子炉工学的考察を行なったものである。とりあげた原子炉は、水性均質炉、熔融塩炉、液体金属燃料炉である。

第12章は、以上の結果をまとめて結論としたものである。

## 論文審査の結果の要旨

原子炉の一つの形式として、固体状の燃料棒を用いないで、核燃料の溶液、熔融塩、核燃料微粉末の懸濁液などを用いる、いわゆる液状燃料炉があるが、この場合には流体の内部で熱の発生を伴う。しかる

に、この種の流体の熱伝達には未知の分野が多く残っている。

著者は、一般に微粉末を懸濁し内部発熱を伴う流体の熱伝達の特徴が、従来主として研究されて来たニュートン流体の場合や内部発熱を伴わない場合の熱伝達の特徴と、本質的にどのような相違があるかを究明することが最も重要であると考え、比較的単純かつ基本的な流路を、ビンガム流体や擬塑性流体が一樣な内部発熱を伴ないながら、層流あるいは乱流で流れる場合の対流熱伝達について種々解析した。この解析結果には、いずれも特別の場合としてニュートン流体の場合や内部発熱を伴わない場合の解が含まれているが、それらの解は従来の研究結果とよく一致する。そして非ニュートン流体であることや内部発熱を伴うことによって、流体の温度分布やヌセルト数が著しく変化する様子を明らかにしている。この解析は第2章から第8章にわたって展開され、原子炉に対する応用は第11章に述べられていて、本論文の主要部をなすものである。これによって標題の流体の対流熱伝達の特徴が明らかになったことは著者の功績であって、将来この種の流体を実際に扱う場合に重要な指針と資料を与えるものである。

さらに第9章においては、内部発熱が一樣でない場合の例として、導電性流体が磁場を横切って平行平板間を層流で流れる場合の対流伝達を前章と同様な方法で解析し、ハルトマン数の増加とともに速度分布が放物線状から平坦化するので、非ニュートン流体の熱伝達と同様な特徴があらわれるという興味ある事実を見出している。第10章は微粉末の浮遊する高温ガスの全放射率について若干の解析を行なったものであるが、この種のガスが原子炉に利用される点から重要な解析と云える。

これを要するに本論文は、微粉末を懸濁し内部発熱を伴う流体からの対流熱伝達の特徴を明らかにし、放射熱伝達についても若干の考察を加え、原子炉などにおいてこの種の流体の熱伝達を扱う場合に必要基礎資料と指針を与えたものであり、学術上、工業上寄与するところが少なくない。よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。